

## REFLEXIONS

Sur les Observations des Satellites de Saturne & de son Anneau.

PAR M. CASSINI.

1705.  
14. Janvier.

Les Satellites de Saturne ne sont pas si faciles à être observés que ceux de Jupiter. Leur éloignement du Soleil, environ double de l'éloignement de ceux de Jupiter, diminue trop la lumière qu'ils en reçoivent & qu'ils nous réfléchissent, & leur plus grand éloignement de la terre diminue beaucoup plus leur grandeur apparente.

Les deux Satellites plus proches de Saturne, dont les révolutions sont plus courtes, ont leurs cercles si pressés ensemble, qu'il n'est pas toujours facile de distinguer l'un de l'autre, & ils sont si souvent joints à Saturne qui occupe une grande partie de ces cercles, qu'à proportion de leurs tems périodiques il est plus rare qu'à notre égard ils sortent des rayons de Saturne, qu'il n'est rare que Mercure sorte des rayons du Soleil.

Le Satellite supérieur de Saturne, qui est le cinquième suivant l'ordre de la distance à cet astre, & le premier de ceux que nous avons découvert à l'Observatoire Royal, a une propriété surprenante d'augmenter & de diminuer en grandeur apparente sans aucun rapport à sa vraie distance de Saturne, à celle du Soleil & à celle de la terre. Il demeure en chaque révolution, qui est de 80 jours, longtemps caché vers sa plus grande digression Orientale, qui est comme le Latium de cette Planete Saturnienne, quoique les autres Satellites ne se voient jamais plus clairement que dans leurs plus grandes digressions.

Jusqu'à présent on n'a pu trouver une cause assez évidente d'une propriété si extraordinaire. On conjecture seulement que toute la surface de ce Satellite n'est pas

également propre à réfléchir la lumière du Soleil, & que tournant autour de son axe par une révolution en longueur peu différente de la périodique autour de Saturne, il tourne à la terre son hémisphère moins lumineux lorsqu'il n'est point visible, & l'hémisphère plus éclairé lorsqu'on le voit plus distinctement.

C'est une apparence semblable à celle que la Lune pourroit faire à Saturne, d'où elle seroit vüe faire une révolution autour de son axe aussi-bien qu'autour de la terre à peu près en un mois, pendant que les grandes taches de la Lune qu'on appelle mers, ou d'autres plus grandes qui pourroient être du côté que nous ne voyons jamais, seroient tournées à Saturne.

Nous avons eu l'année précédente 1704. le tems favorable pour observer ce cinquième Satellite dans son demi-cercle Occidental pendant 30 jours, depuis le 12 Aoust jusqu'au 11 Septembre 1704. Depuis ce tems-là quelques recherches que nous en ayons faites avec M. Maraldi, nous ne l'avons pû voir qu'au 19 Octobre, onze jours après qu'il eut passé sa digression Orientale, quand il étoit encore d'une petitesse extrême. Il augmenta peu à peu de grandeur apparente, de sorte qu'on pût l'observer commodément le 28 d'Octobre dans la conjonction avec Saturne dans la partie inférieure de son cercle. Depuis ce tems-là il s'est fait voir avec plus de facilité, quoiqu'il s'éloigne plus du Soleil & de la terre allant vers sa digression Occidentale, où il arriva le 17 du mois de Novembre. Il diminua dans la suite, de sorte qu'il n'a pas été visible pendant tout le mois de Novembre; mais il se voit présentement depuis le 15 de ce mois de Janvier après sa conjonction avec Saturne dans la partie inférieure de son cercle, & il continuera de paroître pendant un mois.

Il est très-difficile d'assigner présentement les termes où il disparoit à la vüe, & où il recommence de paroître. Ces termes s'abregent & se prolongent par diverses causes qui apportent des variations considérables à ces apparences.

Nous avons un grand soin de distinguer les variations véritables qui arrivent à ces astres par leurs constitutions particulières, des variations apparentes qu'on doit attribuer à la diversité de leurs éloignemens du Soleil & de la terre, & même aux diverses constitutions de l'air & à la qualité des verres au travers desquels on les observe ; la lumière que ces astres reçoivent du Soleil & qu'ils nous réfléchissent de si loin, étant plus aisément troublée en passant par ces milieux différens, que celles des autres Planètes proches du Soleil & de la terre.

On sçait combien les apparences de Saturne, qui est le centre du mouvement de ses Satellites, ont imposé à tous les Astronomes durant l'espace de quarante ans après l'invention de la Lunette. Cet astre se présenta d'abord aux Lunettes de Galilée, comme divisé en trois corps distincts, disposés en ligne droite. On prit les deux parties extrêmes pour deux gros Satellites, qui ne parloient jamais de son côté.

M. Descartes crut que dans son système il étoit aisé de comprendre pourquoi ces prétendus Satellites ne faisoient pas une révolution autour de Saturne, comme ceux de Jupiter la font autour de cet astre, qui est beaucoup plus proche du Soleil.

Mais on fut bien surpris quand on vit que d'une année à l'autre le diamètre de chacun de ces prétendus Satellites sembloit augmenter de sorte qu'en sept années il surpassoit le diamètre de Saturne, & qu'en même tems ils se transformoient en deux croissans, dont les pointes émoussées sembloient toucher à Saturne, & y former comme deux anses qui se joignoient à son globe, & l'envelopoient entièrement. On voyoit diminuer ces anses pendant sept autres années par les mêmes degrez qu'elles étoient augmentées, & se réduire à deux petits globes qui évanouissoient la quinzième année, laissant Saturne tout seul, & aussi rond que Jupiter. On avoit beau les chercher autour de Saturne, on ne les trouvoit nulle part, & l'année suivante ils paroissoient de nouveau dans la même forme qu'ils

qu'ils avoient paru dernièrement & quinze ans auparavant, & recommençoient la même viciffitude d'augmentation, de diminution & de transformation qu'aux années précédentes.

Plus de 40 ans s'étoient paffez dans l'admiration de ce Protée celefte, fans qu'il y eût un Ariftée qui en pût venir à bout : quand l'Illuftre M. Hugen qui fut depuis un des principaux fujets de cette Academie Royale, par le moyen d'un Telescope excellent auquel il avoit travaillé lui-même, & beaucoup plus par la subtilité & fublinité de fon eſprit en découvrit le myſtere. Il trouva un véritable Satellite qui fait fa révolution autour de Saturne en 16 jours, qui, comme il témoigne, étoit pris par d'autres pour une de ces étoiles fixes que Saturne rencontre fouvent dans fon chemin. Il remarqua que la trace de fon mouvement journalier imitoit la figure des anſes de Saturne priſes enſemble; ce qui lui fit comprendre que ce qui forme les anſes pourroit de même enveloper cet aſtre.

Il forma de ces anſes & de ces globes qui avoient été pris pour des Satellites, un anneau plat & mince qui l'environne, comme un horifon environne le globe artificiel, mais à une diſtance à proportion plus grande.

Il lui donna une ſituation préſque parallèle à l'Equinoxial, & par conſequent fort oblique au plan de l'orbite de Saturne, qu'il coupoit dans une ligne qui paſſe par le Soleil deux fois en une révolution de Saturne. Il montra que Saturne ſe trouvant dans cette ligne, le plan de cet anneau n'en pouvoit pas alors être éclairé ſuffiſamment pour pouvoir être vû de la terre; que quelque tems avant & après le Soleil pouvoit éclairer ſuffiſamment le plan de cet anneau qui n'étoit pas expoſé à la terre, ce qui l'auroit auffi laiffé invifible à la terre; qu'aux autres tems le Soleil éclairant ſuffiſamment le plan de l'anneau expoſé à la terre, l'anneau lui devoit paroître d'autant plus large qu'il lui ſeroit expoſé plus directement.

Cette hypothèſe fut trouvée admirable, & très-propre pour expliquer les différentes phaſes de Saturne, quoi-

qu'elle ne fut pas reçûë de tous ceux qui étoient prévenus par d'autres hypothèses. Nous n'osâmes pas y comparer une pensée qui nous étoit venuë, que cet anneau pourroit être formé comme d'un essain de petits Satellites qui pourroient faire à Saturne une apparence analogue à celle que la voie de lait fait à la terre par une infinité de petites étoiles dont elle est formée; mais avec cette différence qu'elle ne fait point de parallaxe à la terre; au lieu que cette trace en fait une tres-grande à Saturne.

Il est vrai que par les observations des années suivantes il fallut augmenter d'un tiers l'obliquité qui avoit été assignée à l'anneau, & retrecir de la moitié l'intervalle entre les termes assignez à la phase ronde.

M. Hugens avoit prédit dans son systême qu'au mois de Juillet & d'Aoust de l'année 1671. Saturne perdrait ses anses, & qu'on le verroit continuellement rond jusqu'au mois de Juillet & d'Aoust de l'année 1672. c'est-à-dire, pendant une année. Nous observâmes que Saturne perdit ses anses presque au tems prédit par M. Hugens; mais nous observâmes aussi que quelques jours après les anses revinrent, & ne se perdirent que le huitième de Decembre de la même année, avec quelque variation qui nous fit juger que l'anneau n'est pas si plat ni si continu qu'on le suppose. Car avant que Saturne perdît ses anses la seconde fois au mois de Decembre, nous les vîmes s'émouffer peu à peu inégalement; de sorte que quelquefois on en voyoit encore le reste d'une d'un côté, sans qu'il en parût rien de l'autre, & la partie qui paroissoit n'étoit pas toujours du même côté, ce qui sembloit s'accommoder à notre premiere hypothese, qui étoit que l'apparence de l'anneau est causée par un amas de très-petits Satellites de differens mouvemens qu'on ne voit point séparément, de la maniere qu'on ne voit point distinctement à l'œil les petites étoiles qui composent les étoiles nebuleuses, mais se voyent toutes ensemble en forme d'un petit nuage clair.

On jugea aussi que les Satellites, qui peuvent composer la partie de l'anneau plus proche de Saturne, sont en plus

grand nombre à proportion de l'espace qu'ils occupent , que ceux qui forment la partie la plus éloignée. Cette pensée fut depuis appuyée par les observations faites aux années que l'anneau de Saturne paroissoit plus large & plus ouvert ; car la largeur de l'anneau se voyoit divisée en deux par une ligne elliptique obscure , dont la partie plus proche du globe étoit plus claire que la plus éloignée. Cette ligne marquoit comme un petit intervalle entre ces deux parties, de la maniere que la distance du globe à l'anneau est marquée par la grande obscurité qui est entre deux.

M. Hugens qui ne cherchoit rien plus que la verité , voulut bien lui-même communiquer au Public les observations que nous venions de faire du retour des anses un peu après qu'elles avoient disparu , marquant en même tems qu'elles se perdroient de nouveau la même année , comme il arriva , & en rendit la raison qui servit à une plus grande perfection de son systême. Nous observâmes aussi l'année suivante le retour des anses au mois d'Avril , plusieurs mois avant la prédiction qui en avoit été faite.

L'attention continuelle à ces observations me fit appercevoir le premier des quatre Satellites que j'ai découverts en divers tems autour de Saturne , qui est présentement le cinquième par ordre de leur distance à Saturne ; je remarquois la configuration de plusieurs petites étoiles que Saturne rencontroit dans sa route , d'une maniere à pouvoir reconnoître s'il n'y en avoit point quelqu'une qui changeât de configuration avec les autres.

Pendant les vacances de la même année 1671. j'en observai une très-petite , qui le 25 d'Octobre étoit presque en ligne droite avec les anses de Saturne à l'Occident vers où alloit cette Planete , qui pour lors étoit rétrograde en 13 degrés du signe des Poissons. Après l'avoir comparée pendant 12 jours à Saturne , à son ancien Satellite , & aux étoiles fixes prochaines , je fus entièrement convaincu , 1<sup>o</sup>. Que c'étoit une véritable Planete , ce que je connus par son mouvement journalier parmi les étoiles fixes , qui

étoit très-évidente d'un jour à l'autre. 2°. Qu'elle pouvoit être un Satellite de Saturne, puisqu'elle se trouva pendant tout ce tems presque dans la ligne de ses anses comme l'autre Satellite avec un peu de déclinaison, & que son mouvement à l'égard de Saturne étoit moins sensible qu'en le comparant aux étoiles fixes, comme il arrive le plus souvent aux autres Satellites. 3°. Qu'elle fut dans sa plus grande digression de Saturne à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre de la même année 1671. ce que je trouvai en comparant les premières observations avec les dernières. 4°. Que sa plus grande digression à l'égard de Saturne étoit environ triple de la plus grande digression de l'ancien Satellite. 5°. Que la période de sa révolution autour de Saturne étoit environ quintuple de la période du second, ce qui résultoit de la règle des proportions ordinaires des distances aux révolutions des Planètes autour du Soleil trouvées par Kepler, & appliquées à ces deux Satellites à l'égard de Saturne, qui s'accordent assez bien aux observations; ainsi puisque la période de l'ancien Satellite, après en avoir observé un assez grand nombre, avoit été déterminée environ de 16 jours, il s'ensuivoit que celle du nouveau Satellite devoit être environ de 80 jours. Voilà ce que nous pûmes pour lors tirer des observations de 12 jours, & qui pouvoit suffire pour nous préparer aux observations suivantes.

Mais nous fûmes fort surpris, quand après plusieurs jours de mauvais tems, nous ne trouvâmes aucun vestige de cette Planète. Nous ne pouvions pas nous imaginer qu'elle eût cette propriété admirable que nous découvrîmes longtemps après, d'être invisible pendant environ la moitié de sa révolution vers sa plus grande digression Orientale. Nous doutâmes fort qu'elle ne fût de la nature des Comètes, qui suivant la théorie que nous en avons donnée l'an 1664. ne se voient non plus que pendant une partie de leurs révolutions.

Cette propriété admirable qui s'est toujours vérifiée en 151 révolutions que cette étoile a faites depuis jusqu'à pré-

sent autour de Saturne, étant comparée à la propriété de quelques étoiles fixes qui cessent de paroître pendant quelque tems, quoique leur place soit exposée à notre vûe, nous avertit à ne pas supposer qu'un Phenomene qui cesse de paroître dans le Ciel après avoir paru quelque tems, soit dissipé de sorte qu'il ne puisse encore paroître en d'autres tems; & qu'il soit inutile d'observer si un Phenomene qui se voit après quelque tems au même endroit du ciel, n'a pas le même mouvement que celui qu'on y a observé, pour pouvoir juger s'il ne seroit pas le même qui a paru autrefois au même endroit; comme nous jugeons que ce Satellite est le même quand il paroît de nouveau autour de Saturne, avec les mêmes degrez de vitesse apparente à pareille distance de cet astre.

Nous donnâmes part à la premiere Assemblée qui se tint après les vacances de la découverte que nous venions de faire, & de la perte de notre objet. On jugea qu'il en falloit suivre la trace par des Lunettes d'une plus grande portée. Celle qui nous avoit servi tant à la découverte de la nouvelle Phase de Saturne qu'à celle de ce Satellite étoit de 17 pieds, & nous avoit été donnée comme très-excellente par M. Campani. C'étoit la même Lunete qui nous avoit servi à découvrir les révolutions de Jupiter & de Mars autour de leurs axes, & les Eclipses du Soleil dans Jupiter faites par l'interposition des Satellites.

On jugea que par des Lunetes d'une plus grande portée on auroit pû voir cette Planete, quand on cessoit de la voir par celle dont nous nous étions servis. C'est pourquoi M. Colbert donna ordre à M. Campani d'envoyer au plûtôt la plus grande & la plus excellente qu'il eût, & de travailler en même tems à perfectionner son art, pour en pouvoir faire d'une plus longue portée. Il envoya celle de 34 pieds qui est présentement exposée dans la terrasse de l'Observatoire, où elle fut placée au mois de Decembre 1672. Elle ne fut pas plûtôt dressée à Saturne le 13. Decembre, que je vis la nouvelle Planete que j'avois perduë de vûe, l'année précédente. Je reconnus qu'elle étoit la même,



parce qu'elle étoit à peu près à la même distance de Saturne du côté d'Occident, qu'elle devoit être après 5 révolutions de 80 jours que j'avois attribuez à cette Planete après sa premiere découverte. Cette hypothese se verifia le 17. Decembre, lorsque nous trouvâmes cette étoile plus proche de Saturne que le 13. comme il falloit suivant la theorie que j'en avois ébauchée. J'ai depuis observé des inégalitez dans ces révolutions semblables à celles qui s'observent dans les autres Planetes, & j'ai déterminé la moyenne entre les plus longues & les plus courtes de 79 jours 22 heures & 4 minutes, ce que j'ai confirmé par les observations de 1704. & de cette année 1705. comparées avec les plus certaines des premieres observations.

Les Mathematiciens de l'Academie Royale, auxquels je fis aussi-tôt part de ces observations, venoient à l'Observatoire aux jours de beau tems pour prendre part à cette découverte; mais le Ciel ne fut favorable que le 23 Decembre, & alors nous vîmes une étoile entre l'ancien Satellite & Saturne du côté d'Occident où j'avois fait espérer que l'on trouveroit le nouveau Satellite. Tous ces Messieurs en furent plus satisfaits que moy, qui m'attendois à voir ce Satellite plus près de Saturne que n'étoit cette étoile. Ceux qui comparerent sa situation à celle que j'avois marquée les jours précédens, jugerent son mouvement beaucoup plus lent qu'il n'est, & l'on donna même un billet cacheté à l'Academie, où l'on y attribuoit une révolution fort approchante de l'annuelle. Pour moi je doutois que le Satellite vû depuis peu ne fût si près de Saturne qu'il l'empêchât de le voir, & que cette étoile ne fût un nouveau Phenomene. La verité est que le Satellite que nous poursuivions éluda cette grande & excellente Lunete pendant plus d'un mois, ce qu'il a depuis fait en toutes ses révolutions, & que l'étoile qui avoit pris sa place le 23 Decembre étoit un autre Satellite qui fait sa révolution autour de Saturne en 4 jours & demi, que pour lors nous appellâmes le premier, & qui est présentement le troisieme. Après que nous en eûmes ébauché la theorie,

celui que nous avons découvert le premier , se montra pendant quinze jours , comme pour nous donner le tems de travailler à le suivre avant que Saturne entrât dans les rayons du Soleil.

Nous donnâmes la même année au Public un abrégé fort succinct de la découverte & de la théorie de ces Satellites , pour pouvoir servir de guide & de préparation aux Observateurs qui en voudroient faire des observations.

Cependant M. Campani nous ayant envoyé à essayer quatre Objectifs de 80 , de 90 , de 100 , & de 136 pieds , que M. Colbert prévenu de la mort n'eût pas le tems d'essayer au Ciel ; l'année suivante nous découvrîmes encore autour de Saturne deux autres Satellites qui en sont plus proches que les autres , & font leurs révolutions beaucoup plus courtes. Nous nous servions de ces verres sans tuyau , les plaçant à la fente Septentrionale de la Tour Orientale de l'Observatoire , que nous y avions fait laisser dans la construction pour des observations semblables. Ce sont les premières observations qui ayent été faites au Ciel par de si grands verres sans tuyau , quoiqu'on eût proposé quelque manière beaucoup plus pénible & plus composée. La découverte de ces deux Satellites avoit été faite de cette manière , quand M. Hugen publia son Astrosophie , où il propose une méthode bien plus difficile à pratiquer que la nôtre , dont il n'avoit point encore entendu parler.

Mais comme les verres d'une portée plus longue que de 100 pieds placez sur l'Observatoire ne pouvoient plus servir commodément à toutes les hauteurs apparentes des Astres , M. de Louvois obtint du Roy de faire transporter la Tour de bois qui étoit à Marly , & d'y faire des fondemens solides qui l'élevent encore plus sur la terrasse de l'Observatoire. Les observations que nous fîmes par de grands verres placez sur cette Tour préparés à cet effet , nous servirent à ébaucher la théorie de ces Satellites , dont nous donnâmes l'abrégé dans le Journal du 22. Avril 1686. Les observations que nous avons continué de faire de-

puis ce tems-là, nous ont obligé d'y faire quelque changement que nous avons observé dans la construction des Tables provisionnelles des cinq Satellites que nous avons achevées.

On ne s'étonnera pas de la longueur du tems qu'il a fallu employer à trouver les Regles des mouvemens de ces nouvelles Planetes, si l'on fait réflexion aux peines que les Anciens ont eues & ont encore laissé aux Modernes, de trouver les Regles des Planetes observées depuis le commencement du monde. Nous n'avons pas encore employé autant d'années à régler les mouvemens des Planetes que nous avons découvertes, que les anciens ont employé de siècles à régler ceux du Soleil. A proportion du tems que nous avons eu d'y travailler, nous sommes allez par des degrez de corrections semblables à celles qui ont été pratiquées en divers siècles par les Anciens.

Dans la premiere publication de leurs découvertes l'an 1673. nous nous contentâmes de déterminer la periode de la révolution du Satellite supérieur autour de Saturne en 80 jours, sans déterminer les heures & sans distinguer les révolutions moyennes des véritables.

Dans la seconde de l'an 1683. nous réduisimes sa révolution moyenne à 79 jours 22 heures.

Présentement après les observations de 150 révolutions, nous avons limité cette révolution moyenne à 79 jours 22 heures & 4 minutes.

Nous laisserons à la posterité les observations les plus exactes qu'il nous a été permis de faire jusqu'à présent, qu'elle pourra comparer à celles qu'il lui sera facile de faire par le moyen des periodes moyennes que nous avons ébauchées, & des Tables que nous avons construites, qui montrent le tems propre pour observer ces Satellites, afin de parvenir à une plus grande précision dans la détermination de leurs mouvemens.